

# Využití odpadů při odstraňování ropných látek

## Use of Waste in the Removal of Oil Products

Ing. Alexand Trapl

HZS Moravskoslezského kraje

Výškovická 40, 700 30 Ostrava - Zábřeh

alexandr.trapl@hzsmk.cz

### Abstrakt

Předložený článek se zabývá problematikou odstraňování ropných látek z vodní hladiny a pevného povrchu za pomoci procesu adsorpce. Odpadu jako možné druhotné suroviny při odstraňování ropných produktů je používán k testování popel z tepláren, využívající rozličné druhy ohnišť. Při experimentech je sledována sorpční schopnost popelů jako sorbentů, při odstraňování všech tříd ropných látek (motorového oleje, motorové nafty, motorového benzínu a leteckého petroleje). Je provedeno matematické stanovení sorpční kapacity testovaných druhů popelů dle postupu normy ASTM F726-06 s ověřením a srovnáním sorpční kapacity daných popelů v laboratorních podmínkách a porovnání a stanovení spotřeby popelů při simulovaném úniku ropných produktů na pevném povrchu. Sorpční schopnost připravených sorbentů je porovnávána se sorpční schopností běžně používaného komerčního sorbentu na bázi rašeliny. Provedené experimenty prokázaly vhodnost využití testovaných druhotných surovin, což znamená pro instituce využívající sorpční přípravky snížení možných nákladů.

### Klíčová slova

Ropné látky, sorbent, popel, polyuretan.

### Abstract

The present article deals with the removal of oil products from the water and solid surface with the help of the adsorption process. Waste as possible secondary raw materials in removing petroleum products are used to test the ash from power stations, using different kinds of fires. In experiments is observed sorption capacity ashes as sorbents, the removal of all classes of petroleum products (engine oil, diesel, petrol and kerosene). Mathematical determination is made sorption capacity ash species tested according to ASTM F726-06 process of verifying and comparing the sorption capacity of the ashes in the laboratory and compared and determine the consumption of ash simulated leak of petroleum products on a hard surface. Sorption capacity sorbents prepared is compared with the adsorption capacity of commonly used commercial peat-based sorbent. The experiments demonstrated the suitability of the use of secondary raw materials tested, which means for institutions using sorbent products reduce the potential costs.

### Keywords

Oil, sorbent, ash, polyurethane.

### Úvod

V posledních desetiletích se setkáváme s únikem ropných produktů především v důsledku mimořádných událostí (havárií), a to jak neúmyslných tak záměrných. V souvislosti se zdoláváním mimořádných událostí se podílejí a jsou v praxi nasazovány také jednotky Hasičského záchranného sboru, které disponují prostředky na zdolávání mimořádných událostí, a to i s možností nasazení sorpčních přípravků.

Tento článek se zabývá vhodností zvolení sorpčních přípravků pro odstranění ropných látek a jejich produktů z vodních zdrojů a půdního fondu. Sorpční schopnost připraveného sorbentu byla porovnávána se sorpční schopností běžně používaného komerčního

sorbentu na bázi rašeliny a teoretické sorpční kapacity podle normy ASTM F726-06.

### Rozdělení a využití sorbentů v procesu adsorpce

Obecně, je sorpce zachycování složky kapalné nebo plynné směsi (adsorbátu) na povrchu tuhé fáze (adsorbentu). Při adsorpci se uplatňují tři druhy sil a o uplatnění rozhodující síly rozhoduje povaha adsorbentu, adsorbované látky (adsorbátu) i rozpouštědla (vody), ve které adsorpce probíhá. Podle povahy sil rozeznáváme tři základní typy adsorpce: fyzikální adsorpce, chemisorpce, iontová adsorpce. [1]

Adsorpce je proces uplatňující se v nejrůznějších oblastech průmyslu a techniky. V průmyslovém měřítku se adsorpčních zařízení využívá např. k sušení (vzduch zbavený vlhkostí vyžaduje metalurgie, farmacie, potravinářský průmysl, z plynů a kapalin se musí zbavovat vlhkosti zemní plyn a petrolejové frakce), jiným příkladem uplatnění adsorpce v průmyslu je např. rekuperace průmyslových rozpouštědel aj. [2]

První zmínkou o adsorpci z vody se objevily již v 18. století. V roce 1785 Lowitz popsal použití aktivního uhlí jako adsorbentu pro snižování zabarvenosti vody. Během 1. světové války se aktivní uhlí používalo ve filtrech plynových masek. Dříve používané adsorbenty, např. aktivní uhlí, měly nižší adsorpční kapacitu než dnešní formy adsorbentů, které zaznamenaly zlepšení vlastností jako je odolnost proti otěru, nebo schopnost regenerace a znovu použití v technologii. [3]

Volba nejvhodnějšího adsorbentu pro daný účel závisí na mnoha okolnostech, jako je celková adsorpční kapacita adsorbentu, jeho kinetické vlastnosti z hlediska adsorpce, koncentrace adsorbátu, druh a stupeň požadované selektivity adsorpce, teplota, při níž má adsorpce probíhat, jeho odolnost proti teplotě, kyselému a zásaditému prostředí, vodě a mechanickému otěru, poměr jeho váhy a objemu, možnost regenerace a její obtížnost, cena a dostupnost adsorbentů. [2]

Pro odstranění kontaminantů procesem adsorpce využíváme tyto nejpoužívanější druhy sorbentů:

**Jednoduché (přírodní) sorbenty** - většina těchto sorbentů je používána pro hrubé odstranění ropných látek z půdy a vodní hladiny nebo při nižších nárocích na vyčištění odpadních vod. Jejich výhodou je snadná dostupnost a nízká cena. Mezi tyto sorbenty zahrnujeme adsorpční hlíny (bentonit), rozsivkové zeminy (křemelina), různé druhy dřevěných pilin, kůry, rašelinu, aj.

**Uhlíkaté materiály** - k významným a v ochraně životního prostředí nejvíce využívaným sorbetům patří přírodní sorbenty na bázi uhlíkatých materiálů. Aktivní uhlíkaté materiály (AUM) jsou vysoce uhlíkaté látky s mohutnou porézní strukturou. Díky ní dosahují vysokých sorpčních hodnot vztažených na jednotlivé množství a povrchu materiálu. AUM nejsou tvořeny pouze atomy uhlíku, ale v jejich struktuře se vyskytují i jiné prvky a sloučeniny, které zůstávají ve struktuře nebo se do nich dostanou při přípravě a výrobě aktivních uhlíkatých sorbentů. [4, 5]

Z hlediska klasifikace výchozích surovin a velikosti pórů v sorbentu, můžeme AUM rozdělit na: aktivní uhlí, aktivní koks a uhlíkaté molekulové sítě.

**Textilní sorbenty** - jsou nejčastěji vyrobeny z aktivovaného polypropylenu a polyetyleny. Vyráběny jsou ve formě netkaných textilií v různých tvarech např. ve tvaru hadů, rohoží, koberců, polštářů nebo vláknenných útvarů.

## Sorbenty z druhotných surovin

Uhelný prach, škvára, popel, popílek, recyklovaná celulóza, polyuretan aj. jsou využívány jako druhotné suroviny.

Škvára, popel, popílek jsou odpady z tepelných procesů. Výhodou sorbentů na této bázi jsou nízké pořizovací náklady, nevýhodou oproti některým sorbentům je nižší sorpční účinnost. Popílků (zvláště pak hnědouhelných) se může využít k čištění (nebo dočištění) odpadních vod obsahujících fenoly. Schopnost popílků poutat fenoly je dána obsahem nedopalu. Částice nedopalu mají charakter koksu, jsou vysokopórovité. Pomocí metalurgických pevných odpadů např. popílků ze spalování uhlí, které se chovají jako sorbenty, je také možno využít k redukci toxicity a těžkých kovů v odpadních vodách. [6].

Popel a polyuretan jako druhotné suroviny jsou využívány pro svou adsorpční schopnost srovnatelnou např. s rašelinou k odstraňování ropných látek z vody a půdy.

## Složení testovaných druhotných surovin

Vzhledem k předloženému článku zaměřenému na druhotné suroviny byly testovány popely jako sorbenty:

### *Popel z roštových ohnišť (pevný rovinný rošt) PRO I., PRO II.*

Roštová ohniště slouží ke spalování kusových tuhých paliv ve vrstvě na roštu. U procesu spalování na roštovém ohništi se produkují pevné zbytky pocházející ze tří různých zdrojů, a to z propadu jemných částic roštem, ze zbytků po spalování na konci roštu (popel, škvára) a z tuhých zbytků z chlazení a čištění spalin. Zbytky po spalování (popel, škvára a ostatní zbytkové částice) jsou kontinuálně odstraněny na konci posledního roštu a poté ochlazeny ve vodních nádržích. Z chladících nádrží jsou pak vyjmuty a dále využity jako druhotné suroviny nebo jsou ukládány na skládky. [6, 7]

### *Popel z práškových ohnišť (granulační ohniště) PPr I., PPr II.*

Práškové ohniště bylo původně vyvinuto pro spalování prachových zbytků tříděného uhlí. Prášková ohniště mají četná nasazení v teplárenských a elektrárenských provozech. Výhodou práškových ohnišť je především ve vysoké rychlosti spalování.

### *Popel z fluidních ohnišť (ohniště systému IGNIFLUID) PFI I., PFI II.*

Fluidní kotel je zařízení určené pro fluidní spalování zejména práškového uhlí a biomasy. Pro svou vysokou účinnost je využíván ve většině tepláren a elektráren. Jemně rozemleté palivo se spaluje ve vzestupném proudu vzduchu a nad fluidním roštem nabývá vlastností tekutých paliv. Vlastní hoření probíhá okamžitě, takže dochází ke stejnoměrnému hoření a produkci jemného popela. [8]

### *Popel po spalování biomasy s polyuretanem PPoly II.*

Tento sorbent byl připraven z popele po spalování biomasy rostlinného původu, polyuretanové pěny a hydrofobizační přísady v poměru jednotlivých složek tak, aby vykazoval jednak dobré sorpční schopnosti a zároveň bezproblémovou manipulaci, tzn., aby byl minimálně prášivý a při aplikaci neulpíval mimo oblast použití. Pro přípravu vzorků, byl použit popel velikosti zrna od 1-4 mm. [9]

### *Rašelinový sorbent (k porovnání sorpčních kapacit)*

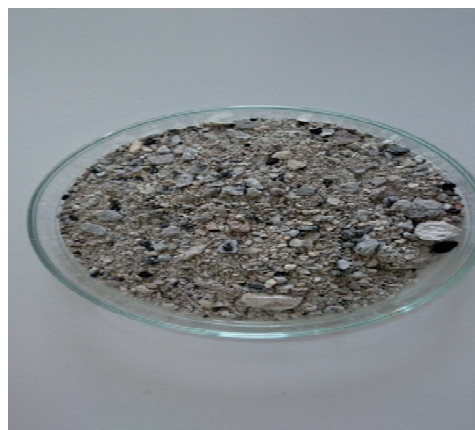
Sypký rašelinový sorbent je přírodní sorbent, který prošel úpravou za teplot 750-900 °C, při kterém dochází k vylučování přírodních vosků na povrch buněk a k aktivaci huminové kyseliny. Vyloučené přírodní vosky způsobují hydrofobnost. V rašelině je přirozeně obsažena huminová kyselina, která je schopná přímo do svého řetězce vázat chemické látky např. uhlovodíky.

Dané druhy popelů jsou pro výzkum a možné porovnání rozděleny, část je ponechána bez hydrofobní úpravy (I.), část prošla hydrofobní úpravou (II.).

Původ testovaných popelů není uveden dle přání poskytovatele.



Obr. 1 Sypký popel PFI I



Obr. 2 Sypký popel PRO I.

## Odstranění ropných látek testovanými sorbenty

Na pevný povrch (kamenina) a vodní hladinu (3000 ml H<sub>2</sub>O) byly přivedeny ropné produkty (motorový olej, motorová nafta, motorový benzín a letecký petrolej), přičemž ropné látky byly sorbenty zasypávány. Poté byl sledován sorpční proces do naadsorbování testovaných popelů. Pro pevný povrch byla mezní hranice sorpce tzv. „do sucha“ tzn., po sorpci ropného produktu musí být povrch suchý, nekluzký, beze stop po ropných produktech. Z vodní hladiny byl sledován proces sorpce tzv. „vizuálně“ tzn., po sorpci ropného produktu musí být vodní hladina beze stop po ropných produktech.

Sorpční kapacita testovaných popelů byla srovnávána se sorpční kapacitou dle normy ASTM F726-06 a se sorpčními schopnostmi běžně dostupného rašelinového sorbentu.

Popely PRO I., PPr I., PFI I. neprošly hydrofobní úpravou, proto nemohlo být provedeno stanovení sorpční kapacity dle normy ASTM F726-06.

Sorpční kapacity jednotlivých testovaných sorbentů byly mezi sebou porovnávány a srovnávány s výpočtem sorpční kapacity dle normy ASTM F726-06 Oil adsorbency<sub>m</sub>, která udává výslednou hodnotu v jednotkách: g nasorbované kapaliny/g sorbentu.

### *Stanovení sorpční kapacity dle postupu normy ASTM F726 - 06*

Výrobci a distributoři sypkých sorbentů udávají k výrobkům údaje o sorpční kapacitě.

Zjednodušený postup stanovení sorpční kapacity dle postupu normy ASTM F726-06:

1. Odváženo x g sorbentu (hmotnosti uvedeny v tabulkách),
2. výška sorbované kapaliny minimálně 2,5 cm,
3. sorbent ponořen na 15 minut do testované kapaliny,
4. nasycený sorbent se nechá odkapat po dobu 30 sekund u motorové nafty a 15 minut u motorového oleje,
5. stanovení hmotnosti sorbentu s nasorbovanou látkou.

Stanovení sorpční kapacity dle postupu normy ASTM F726-06 se provádí dle vzorce:

$$\text{Sorpční schopnost (Oil adsorbency}_m) = S_s/S_0$$

kde

$$S_s = S_{ST} - S_0,$$

$S_0$  počáteční hmotnost suchého sorbentu [g],

$S_{ST}$  hmotnost nasyceného sorbentu [g].



Obr. 3-6 Stanovení sorpční kapacity dle normy ASTM F726-06 popelem PPoly II., sorbovaná látka m. benzín

### Odstranění motorového oleje a motorové nafty z pevného povrchu a vodní hladiny v laboratorních podmínkách

Pro odstranění motorového oleje a motorové nafty z pevného povrchu a vodní hladiny a porovnání sorpčních kapacit byl použit sypký popel PPoly II. o váze 20 g, popel PPro I. na pevný povrch a PPro II. na vodní hladinu o váze 20 g, popel PPr I. na pevný povrch a PPr II. na vodní hladinu o váze 20 g, popel PFI I. na pevný povrch a PFI II. na vodní hladinu o váze 20 g a rašelinový sorbent o váze 20 g. Výsledky měření jsou uvedeny pro motorový olej v tab. 1 a 2 a pro motorovou naftu v tab. 3 a 4.

Aplikace sypkých popelů vytváří při styku s motorovým olejem na hladině olejové shluky, které jsou špatně odstranitelné. Popel PPoly II. s rašelinovým sorbentem mají podobné sorpční vlastnosti, popel PPro I., II., PPr I., II. a PFI I., PFI II. mají shodné vlastnosti, a to jak na pevném povrchu tak vodní hladině. Jejich sorpční kapacita v porovnání s popelem PPoly II. a rašelinou jsou výrazně nižší. V tabulkách je patrný rozdíl mezi sorpční kapacitou testovaných popelů laboratorně, která je nižší oproti stanovené sorpční kapacitě dle normy.

Při styku s motorovou naftou na vodní hladině se všechny druhy popelů chovají hydrofobně, částice popelů jsou na hladině, nedochází k sedimentaci částic popele. Popely, které jsou před použitím světle šedé (světle hnědé) se po nasorbování nafty mění na výrazně tmavší barvu. I toto zabarvení nám může vizuálně vyjádřit dostatečnost nasorbované látky.

Tab. 1 Porovnání sorpčních kapacit, sorpce motorového oleje na pevném povrchu

Motorový olej (100 ml = 77,76 g)	Sorpční kapacita test. popelů (množství sorbovaného m. oleje z pevného povrchu „do sucha“)	Čas adsorpce „vizuálně“	Sorpční kapacita dle normy ASTM F726-06 g/g ml [g]
Popel PPoly II. (20 g)	58 ml/45,1 g	do 3 min	3,85 g/g 99,2 ml (77,0 g)
Popel PPro I. (20 g)	27 ml/20,9 g	do 3 min	--
Popel PPr I. (20 g)	29 ml/22,5 g	do 3 min	--
Popel PFI I. (20 g)	29 ml/22,5 g	do 3 min	--
Rašelina (20 g)	66 ml/51,2 g	do 3 min	3,90 g/g 100,3 ml (78,0 g)

Tab. 2 Porovnání sorpčních kapacit, sorpce motorového oleje z vody

Motorový olej (100 ml = 77,76 g)	Sorpční kapacita test. popelů (množství sorbovaného m. oleje z vody „vizuálně“)	Čas adsorpce „vizuálně“	Sorpční kapacita dle normy ASTM F726-06 g/g ml [g]
Popel PPoly II. (20 g)	52 ml/40,3 g	do 3 min	3,85 g/g 99,2 ml (77,0 g)
Popel PPro II. (20 g)	20 ml/15,5 g	do 3 min	1,08 g/g 27,7 ml (21,6 g)
Popel PPr II. (20 g)	22 ml/ 17,0 g	do 3 min	1,22 g/g 31,4 ml (24,4 g)
Popel PFI II. (20 g)	20 ml/15,5 g	do 3 min	1,37 g/g 35,2 ml (27,4 g)
Rašelina (20 g)	59 ml/45,7 g	do 3 min	3,90 g/g 100,3 ml (78,0 g)

Tab. 3 Porovnání sorpčních kapacit, sorpce motorové nafty na pevném povrchu

Motorová nafta (100 ml = 81,6 g)	Sorpční kapacita test. popelů (množství sorbované m. nafty z pevného povrchu „do sucha“)	Čas adsorpce „vizuálně“	Sorpční kapacita dle normy ASTM F726-06 g/g ml [g]
Popel PPoly II. (20 g)	54 ml/44,06 g	do 1 min	3,61 g/g 88,4 ml (72,2 g)
Popel PPro I. (20 g)	23 ml/18,7 g	do 1 min	--
Popel PPr I. (20 g)	27 ml/ 22,0 g	do 1 min	--
Popel PFI I. (20 g)	25 ml/20,4 g	do 1 min	--
Rašelina (20 g)	61 ml/49,77 g	do 1 min	3,73 g/g 91,4 ml (74,6 g)

Tab. 4 Porovnání sorpčních kapacit, sorpce motorové nafty z vody

Motorová nafta (100 ml = 81,6 g)	Sorpční kapacita test. popelů (množství sorbované m. nafty z vody „vizuálně“)	Čas adsorpce „vizuálně“	Sorpční kapacita dle normy ASTM F726-06 g/g ml [g]
Popel PPoly II. (20 g)	48 ml/39,16 g	do 3 min	3,61 g/g 88,4 ml (72,2 g)
Popel PPro II. (20 g)	19 ml/15,5 g	do 3 min	0,83 g/g 20,3 ml (16,6 g)
Popel PPr II. (20 g)	20 ml/ 16,3 g	do 3 min	0,92 g/g 22,5 ml (18,4 g)
Popel PFI II. (20 g)	21 ml/17,1 g	do 3 min	1,05 g/g 25,7 ml (21,0 g)
Rašelina (20 g)	55 ml/44,88 g	do 3 min	3,73 g/g 91,4 ml (74,6 g)



## Porovnání testovaných popelů při simulovaném úniku ropných produktů

Porovnání testovaných popelů a rašeliny bylo provedeno ve spolupráci s jednotkou Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje, ze stanice IVC Slezská Ostrava, v areálu této stanice na asfaltovém povrchu. Teplota vzduchu 25 °C, teplota asfaltového povrchu 28 °C.

Pro nasimulování úniku ropných produktů byl použit rašelinový sorbent, popel PPoly II., PPro I., PPr I., PFI I. Srovnávání bylo provedeno standardně, používaným postupem jednotek v praxi a simulováno do reálných podmínek mimořádných událostí.

Na vyznačený prostor byl aplikován motorový olej o objemu 10 l ( $m = 7,76$  kg). Poté byl zasypáván testovanými popelem a rašelinou. Po nasorbování a vyčištění „do sucha“ byla stanovena hmotnost použitých popelů a rašeliny. Stejný postup byl uplatněn i při sorpci motorové nafty o objemu 10 l ( $m = 8,16$  kg), motorového benzínu o objemu 10 l ( $m = 7,26$  kg) a petroleje o objemu 10 l ( $m = 7,87$  kg). Výsledky jsou uvedeny v tab. 5. Na obr. 7-8 jsou fotografie aplikace testovaných popelů a rašeliny. [10, 11]

Tab. 5 Spotřeba popelů a rašeliny při odstraňování ropných produktů

Ropný produkt	Spotřeba rašelinového sorbentu [kg]	Spotřeba pop. PPoly II. [kg]	Spotřeba pop. PPro I. [kg]	Spotřeba pop. PPr I. [kg]	Spotřeba pop. PFI I. [kg]
Motor. olej 10 l ( $m = 7,76$ kg)	3,41	3,78	7,11	6,20	5,92
Motor. nafta 10 l ( $m = 8,16$ kg)	3,63	3,99	8,38	8,11	6,58
Motor. benzín 10 l ( $m = 7,26$ kg)	3,45	3,88	6,23	5,91	5,83
Letec. petrolej 10 l ( $m = 7,87$ kg)	3,83	4,46	7,40	6,90	7,23



Obr. 7-8 Aplikace testovaných popelů a rašeliny na ropné produkty

## Závěr

Tento článek se zabývá vhodností využití a zvolení druhotných surovin - sorpčních přípravků v podobě testovaných popelů při odstraňování všech tříd ropných produktů (motorového oleje, motorové nafty, motorového benzínu a leteckého petroleje) z vody a pevného povrchu v procesu adsorpce.

Porovnáváním testovaného popele PPoly II. a rašeliny lze konstatovat, že spotřeba popele a rašeliny při simulovaném úniku ropných produktů byla vyšší, a to o 10 % v porovnání s výsledky laboratorně testovaného popele PPoly II. a rašeliny. V porovnání se sorpční kapacitou dle normy ASTM F726-06, byla zjištěna až o jednu třetinu menší sorpční kapacita v množství sorbovaných ropných produktů u laboratorně testovaného popele PPoly II. Rozdíly ve spotřebě popelů a rašeliny popřípadě jiných možných testovaných sorbentů může způsobit stanovení hmotnosti sorbentu při čištění tzv. „vyčištění do sucha“, kde je toto čištění velmi subjektivní, převážně při odstranění viditelného ropného produktu, po kterém zůstává na pevném povrchu mastný a kluzký film. Při odstranění tohoto filmu může dojít k navýšení spotřeby sorbentu, a to až o několik desítek procent.

Výsledek testovaných popelů PPro I., PPr I., PFI I. při simulovaném úniku ropných produktů prokázal oproti testovanému popele PPoly II. nižší spotřebu testovaných popelů. U popele PPro I. byla spotřeba, a to např. při sorpci leteckého petroleje o 18 % nižší oproti výsledkům spotřeby v laboratorních podmínkách a při stanovení sorpční kapacity dle normy ASTM F726-06, při aplikaci popele PFI I. byla spotřeba nižší v porovnání s laboratorními výsledky, a to v průměru o 14 %.

Stanovení teoretické sorpční kapacity dle normy a ověření sorpční kapacity v laboratorních podmínkách je vzhledem k omezenému rozsahu předloženého článku obsaženo pouze u dvou tříd ropných látek (motorový olej, motorová nafta), bez vytyčení a ověření kinetiky adsorpce a adsorpční rovnováhy u testovaných popelů, které potvrdily správnost a vhodnost využití testovaných popelů.

## Použitá literatura

- [1] DOHÁNYOS, M.; KOLLER, J.; STRNADOVÁ, N.: *Čištění odpadních vod*. Vydavatelství VŠCHT, 1998. 177 s. ISBN 80-7080-316-9.
- [2] PONEC, V.; KNOR, Z.; ČERNÝ, S.: *Adsorpce na tuhých látkách*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1968. 491 s. 04-624-67.
- [3] BURKHARD, J.; ČERNÁ, M.; ČERNÍK, M.: *Kompendium sanačních technologií*. 1. vyd. Chrudim: Havlíček Brain Team, 2006. 253 s. ISBN 80-86832-15-5.
- [4] BUCHTELE, J.: Uhelové sorbenty - jejich příprava a použití. *Energie 98*, roč. 3, č. 2, str. 110-112.
- [5] CIAHOTNÝ, K.: *Vlastnosti, výroba a použití uhlíkatých sorbentů*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1995. 98 s.
- [6] FEČKO, P.; KUŠNIEROVÁ, M.; LYČKOVÁ, B.; ČABLÍK, V.; FARKAŠOVÁ, A.: *Popílky*. VŠB-TU Ostrava, 2003. 187 s. ISBN 80-248-0327-5.
- [7] RÉDR, M.; PŘÍHODA, M.: *Základy tepelné techniky*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1991. 680 s. ISBN 80-03-00366-0.
- [8] BOTULA, J.: *Odpady z těžby a zpracování surovin*. 1. vyd. VŠB-TU Ostrava, 2013. 130 s. ISBN 978-80-248-3319-4.
- [9] Heviánková, S.; Bestová, I.; Daxner, J.; Václavík, V.: *Sorbent s kombinovaným účinkem pro fixaci znečišťujících látek z pevných povrchů a vodní hladiny na bázi polyuretanové pěny 2011*. Patent no. 303549 (in Czech).
- [10] TRAPL, A.; HEVIÁNKOVÁ, S.: Odstranění ropných látek za pomoci laboratorně připraveného adsorpčního hada a druhotných surovin. *SPEKTRUM*, č. 2/2015, 2015, pp 14-17.
- [11] TRAPL, A.; HEVIÁNKOVÁ, S.; POPKOVÁ, M.: *Poloprovozní ověření aplikace testovaného sorpčního hada I*. ev. č.: 006/01-10-2015.